

Tussentijdsverslag

DS8.3 DEELSTUDIE VEGETATIE/ PARTIM PEDOLOGIE

Roel Van de Moortel
Instituut voor Land- en Waterbeheer
KULeuven

30/9/96

1. Situering

Eén van de objectieven van het OMES-project is te voorspellen op welke wijze de fauna en flora van poldergebieden langs de Zeeschelde beïnvloed worden bij in gebruik name van een aantal van deze polders als gecontroleerd overstromingsgebied. Verschillende alternatieven zijn mogelijk bij aanleg van gecontroleerde overstromingsgebieden. Welk alternatief het best voldoet aan de eisen van het sigmaplan en terzelfdertijd een minimale milieuschade tot gevolg heeft, is niet geweten. Bovendien stelt zich de vraag of bij aanleg van de gecontroleerde overstromings-gebieden een netto milieuwinst kan geboekt worden en zo ja, waar en op welke wijze de gecontroleerde overstromingsgebieden dienen aangelegd te worden.

Een belangrijk punt in deze discussie is het inschatten van het effect dat de overstromingen zullen hebben op de vegetatie-ontwikkeling. Naast het rechtstreekse effect dat duur, intensiteit en frequentie van waterstanden boven maaiveld hebben op de aanwezige vegetatie, dient bepaald te worden op welke wijze de bodem zal beïnvloed worden. Hogere (grond)waterstanden en een regelmatige aanvoer van sediment zal aanleiding geven tot sterke wijzigingen in het bodemmilieu. Vermits de bodem een belangrijke differentierende factor bij vegetatieontwikkeling is, kan verwacht worden dat een wijziging in bodemcondities niet zonder gevolg zal zijn voor de vegetatie. Over de wijze waarop bodemcondities en vegetatie met elkaar interageren in het intertidaal milieu, is echter onvoldoende geweten.

De doelstellingen die in de loop van het eerste onderzoeksjaar dienden vervuld te worden, waren dan ook de volgende. Eerst en vooral dienden de bodems van het intertidaal milieu en de polders gekarakteriseerd te worden. Vervolgens moest onderzocht worden in welke mate een variatie in bodemeigenschappen een verklaring kan geven voor de waargenomen variaties in de vegetatiesamenstelling. Daartoe moest bepaald worden in welke mate de verschillende bodemkundige parameters invloed hebben op de vegetatiesamenstelling. Tot slot dienen de gegevens ter beschikking gesteld te worden aan de biologen zodat deze kunnen gebruikt worden in een ecologisch vegetatiemodel.

2. Onderzoeksactiviteiten

2.1. Karakterisatie proefvlakken

De eerste stap in het onderzoeksproject bestond uit de bodemkundige karakterisatie van de proefvlakken. Deze proefvlakken, 50 buitendijks (schorren) en 56 binnendijks (polders), werden op zodanige wijze geselecteerd door de biologen dat de voornaamste vegetatietypes vertegenwoordigd waren. Tussen eind september 1996 en half april 1997 werden de geselecteerde proefvlakken bodemkundig gekarakteriseerd. Bij de bodemkundige karakterisatie van de proefvlakken kunnen drie delen onderscheiden worden: morfologische, fysische en chemische karakterisatie.

2.1.1. Morfologische karakterisatie

Doel van het morfologisch onderzoek is een duidelijk beeld te krijgen van de verschillende bodemtypes die voorkomen in functie van het vegetatietype. Het morfologisch onderzoek laat

tevens toe na te gaan welke invloed de overstromingsdynamiek heeft op de bodemgenese in de buitendijkse gebieden.

In de onmiddellijke nabijheid van het proefvlak werden naargelang de complexiteit van het reliëf één of meerdere profielboringen tot 1.2 m diepte uitgevoerd met behulp van een Edelmanboor. Per proefvlak werden bodemtype, moedermateriaal, horizontensequentie, diepte waarop roest- en/of reductieverschijnselen voorkomen en actuele grondwaterstand bepaald.

Per bodemhorizont werden zo kwantitatief mogelijk volgende parameters bepaald:

- diepte en dikte van de horizont
- kleur (m.b.v. Munsell color chart)
- aard van het moedermateriaal
- textuurklasse
- structuur
- % roest
- beworteling
- type en abundantie van organische stof
- vochttoestand
- hardheid
- reactie op HCl (CaCO_3), α - α (redoxindicator) en H_2O_2 (Mn en o.s.) werd getest
- bodemrijping

2.1.2. Fysische karakterisatie

Teneinde een beeld te krijgen van de variatie in bodemfysische eigenschappen in functie van vegetatietype en overstromingsdynamiek, werden gelijktijdig met de morfologische karakterisatie per profielboring 4 ongestoorde ringmonsters genomen (koeckyringen (100 cm^3)). De ringmonsters werden in herhaling genomen op ongeveer 20 en 45 cm diepte. Op de stalen werden volgende parameters bepaald:

- textuurfracties
- bulkdensiteit en poriënvolume
- verzadigde hydraulische conductiviteit

Na meten van de verzadigde hydraulische conductiviteit werd bulkdensiteit en poriënvolume op de ringmonsters bepaald. Vervolgens werden de monsters opgestuurd naar de Bodemkundige Dienst van België voor de bepaling van de textuurverdeling.

Per proefvlak werden 4 bodemweerstandsmetingen uitgevoerd met behulp van een penetrograaf. Op die wijze kon een volledig beeld bekomen worden van de voornaamste bodemfysische eigenschappen in de wortelzone.

2.1.3. Chemische karakterisatie

Omdat de minerale rijkdom van de binnen- en buitendijkse bodems normaal gezien geen limiterende factor mag zijn voor de vegetatie-ontwikkeling, werden slechts een beperkt aantal bodemchemische parameters bepaald, namelijk:

- totaal koolstofgehalte
- CaCO_3
- pH (KCl)
- elektrische conductiviteit

Deze parameters werden bepaald op basis van een mengstaal van de toplaag genomen met een gutsboor. De bepaling van het totale koolstofgehalte werd tevens uitgevoerd op de twee Kopeckystalen genomen op 45 cm diepte zodat een beeld verkregen werd van de organische stofverdeling in de wortelzone. De elektrische conductiviteit van de bodem werd opgenomen in de chemische analyse omdat deze een maat is voor het zoutgehalte wat van belang is bij het onderzoeken van zowel zoetwater- als brakwaterschorren. Analyse van de eerste drie parameters werd uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België.

2.2. Gegevensverwerking

Voor de opslag en verwerking van de gegevens van de opnameformulieren en analyses werd gebruik gemaakt van het software pakket Excel 4.0. Een eerste analyse bestond uit het berekenen van een aantal beschrijvende statistische variabelen voor de kwantitatief bepaalde bodemparameters. Vervolgens werden deze gegevens vergeleken met de semi-kwantitatief bepaalde morfologische bodemparameters. Het vergelijken van de berekende waarden met de morfologische gegevens was noodzakelijk om de kans op foutieve interpretaties tot een minimum te herleiden. Op die manier kon door vergelijking van de morfologische gegevens met de fysische en chemische bodem-karakteristieken een eerste link gelegd worden tussen bodemeigenschappen en vegetatietype.

Vermits het vermoeden bestond dat de meeste van de bodemparameters met elkaar gerelateerd waren, was correlatie-analyse noodzakelijk om te kunnen bepalen welke bodemparameters een primordiale invloed hebben op de vegetatieontwikkeling. De resultaten van de correlatie-analyse bevestigden weliswaar het sterk gecorreleerd zijn van de verschillende parameters maar lieten niet toe op een éénduidige wijze de bepalende bodemparameters te selecteren. Daarom werd met behulp van het statistisch software pakket SPSS een factoranalyse uitgevoerd op een gecondenseerde datamatrix. De resultaten van de factoranalyse en de gecondenseerde datamatrices werden in de loop van de zomer ter beschikking gesteld van de biologen zodat de bodemkundige gegevens kunnen gekoppeld worden aan kwantitatieve vegetatieparameters.

3. Resultaten

3.1. Algemene bodemkarakteristieken van buitendijkse en binnendijkse gebieden

Alvorens over te gaan tot de bespreking van de bodemkundige karakteristieken van de twee deelgebieden is het interessant even stil te staan bij de voornaamste bodemkundige verschillen tussen beide gebieden (Tabel 1.).

Uit Tabel 1 blijkt duidelijk de hogere zandfractie in de binnendijkse gebieden. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan het feit dat het in dit onderzoek beschouwde deel van de alluviale vlakte van de Schelde gelegen is in de Zandstreek. De dikte van de door de rivier afgezette kleilaag varieert sterk van plaats tot plaats en vermenging met het tertiair zandsubstraat werd waargenomen bij veel van de onderzochte proefvlakken. De leemfractie verschilt eveneens sterk tussen beide gebieden. Dit als gevolg van de continue afzetting van lemig materiaal in de schorren afkomstig uit de bovenloop van de rivier. De kleifracties zijn vergelijkbaar voor beide gebieden.

Tabel 1.: Algemene bodemkarakteristieken van de toplaag van buitendijkse en binnendijkse gebieden.

Parameter	Buitendijks	Binnendijks
zand (%)	25.6	42.2
leem (%)	50.8	31.2
klei (%)	23.6	26.6
pH	7.2	5.8
CaCO ₃ (%)	7.1	1.2
Ec (mS/cm)	29	10
C (%)	5.6	6.4
bulkdensiteit (g/cm ³)	0.73	1.04
poriënvolume (%)	69	55

De buitendijkse gebieden hebben een neutrale pH. Dit is voornamelijk het gevolg van het zeer hoog gehalte aan CaCO₃ in het vers afgezette sediment. Bovendien zullen de reducerende omstandigheden te wijten aan de dagelijkse overstromingen van de schorren dit effect versterken. De lagere pH-waarde in de binnendijkse gebieden is vooral te wijten aan het veel lagere CaCO₃-gehalte. De hogere Ec-waarde voor de buitendijkse gebieden is te verklaren door de continue aanvoer van mineralen versterkt door de grotere adsorptiecapaciteit van deze bodems vanwege hun geringere zandfractie. Het koolstofgehalte in de bodems voor beide gebieden is vrij hoog wegens de grote minerale rijkdom van de bodems en de vaak ongunstige drainage waardoor de afbraak van organische stof vertraagd wordt.

De zeer lage bulkdensiteit en het daarmee samenhangend hoge poriënvolume van de buitendijkse bodems is het gevolg van het feit dat deze bodems nog zeer jong zijn en nog weinig of geen structuurvorming hebben ondergaan. Het watergehalte in deze bodems per eenheid bodemvolume is bijgevolg dan ook nog vrij hoog. De oudere, gerijpte binnendijkse bodems hebben dan ook een veel hogere bulkdensiteit en een lager poriënvolume. De hogere zandfractie in deze bodems is ook ten dele verantwoordelijk voor de hogere bulkdensiteit.

3.2. Bodems van de buitendijkse gebieden

3.2.1. Onderscheid tussen verstoorde en niet verstoorde bodems

Tijdens de profielboringen werd herhaaldelijk vastgesteld dat op geringe diepte één of meerdere meestal vrij grofzandige lagen voorkwamen. In de loop van het onderzoek werd duidelijk dat deze zandlagen niet van autochtone oorsprong waren maar vermoedelijk een gevolg waren van menselijke ingrepen. Dit vermoeden werd ingegeven door volgende feiten:

- de zandlagen werden vrijwel steeds aangetroffen in de onmiddellijke nabijheid van de dijk
- profielboringen uitgevoerd op iets grotere afstand van de dijk vertoonden geen sporen van zandlagen
- proefvlakken die lager gelegen waren hadden een homogeen textuurprofiel bestaande uit lemig/kleilig materiaal

- de proefvlakken met zandlagen op geringe diepte bestonden voornamelijk uit jonge vegetatietypes (ongekoloniseerd slik en pioniersvegetaties)

Verdere analyse toonde aan dat er een duidelijk verband bestaat tussen de diepte waarop de zandlagen voorkomen en het vegetatietype. Bovendien is het aantal proefvlakken met zandige lagen het grootst als het vegetatietype zich vroeger in de successiereeks bevindt, bv. 100% voor de ongekoloniseerde slikvegetatie (Tabel 2.).

Tabel 2: Het voorkomen van allochtone zandlagen in de buitendijkse gebieden.

Vegetatietype	diepte zandlaag (cm)	dikte zandlaag (cm)	frequentie (%)
ongekolon. slik	5	20	100
pioniers	10	30	26
ruige pioniers	20	30	50
ruigte	30	30	87
riet	-	-	0
houtige vegetatie	5	20	20
brakwatervegetatie	10	30	30

De diepte waarop de zandlagen voorkomen neemt gradueel toe van ongekoloniseerd slik naar ruigtevegetatie. De dikte van de zandlaag is vrij uniform voor de verschillende vegetatietypes. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de verschillen in diepte en dikte van de zandlagen voor proefvlakken behorende tot eenzelfde vegetatietype vrij aanzienlijk kunnen zijn. Tabel 2 toont zeer duidelijk dat naarmate het vegetatietype jonger is, de zandlagen ondieper voorkomen en het aantal verstoorde proefvlakken per vegetatietype groter is. Weliswaar komen er ook ondiepe zandlagen voor bij de houtige vegetaties en brakwatervegetaties maar de verstoringsfrequentie duidt er op dat het hier gaat om een veel geringer aandeel van de proefvlakken.

Vermits de proefvlakken met verstoring vrijwel allemaal tegen de dijk gelegen waren, zijn de zandige lagen naar alle waarschijnlijkheid een gevolg van de infrastructuurwerken bij aanleg van de dijken. De aanwezige schorvegetatie langs de dijk werd tijdens de werken vernietigd en in de beginfase werd zand van de onbegroeide dijk afgespoeld door tij en regen en in een smalle strook langs de dijk afgezet. De verstoring die werd waargenomen in enkele houtige vegetaties gelegen langs de dijk duidt er op dat de aanwezige vegetatie in die gevallen niet vernietigd werd maar het afgespoelde zand weldegelijk tussen de vegetatie terecht kwam (Bu 122 en Bu 126). De vastgestelde verstoring in enkele van de proefvlakken met een brakwatervegetatie, was het gevolg van depositie van baggerslib (Bu 161, Bu 176 en Bu 181).

Bij interpretatie van deze gegevens is het noodzakelijk enige voorzichtigheid aan de dag te leggen. Uit dit betoog zou kunnen geconcludeerd worden dat de aanwezigheid van een jong vegetatietype duidt op verstoring door de mens met het voorkomen van allochtone zandige lagen in de ondergrond tot gevolg. Voor een groot aantal van de gevallen is dit allicht juist. Anderzijds werden bij sommige proefvlakken (bv. Bu 81 pioniersvegetatie) eveneens zandige lagen aangetroffen welke echter het gevolg zijn van natuurlijke processen.

Het is tevens niet juist te stellen dat proefvlakken zonder allochtone zandige lagen bedekt met een jong vegetatietype wijzen op afwezigheid van verstoring. In een aantal gevallen kon uit de verdeling van het organisch materiaal worden afgeleid dat het huidige vegetatietype ontstaan is na plotse vernietiging van de vroegere vegetatie. De verstoorde proefvlakken zijn weergegeven in bijlage (tabel). In een aantal gevallen kon vastgesteld worden welk vegetatietype voordien aanwezig was op basis van nog niet verteerde plantenresten.

3.2.2. Bodemeigenschappen

3.2.2.1. Morfologie

De voornaamste morfologische eigenschappen van de verschillende bodemhorizonten zijn weergegeven in functie van het vegetatietype in Tabel 3. Het opstellen van de tabel is zoveel als mogelijk was, gebaseerd op de morfologie van de niet verstoorde bodemlagen. Brakwatervegetaties zijn niet weergegeven in de tabel o.w.v. de te grote verscheidenheid aan vegetatietypes en bodemeigenschappen

Uit Tabel 3 blijkt duidelijk dat de buitendijkse bodems zijn opgebouwd uit slechts enkele horizonten. De eerste horizont vertoont met uitzondering van de ongekoloniseerde slik-vegetatie in bijna alle gevallen een eerder bruinachtige kleur te wijten aan oxidatie. Deze oxidatie wordt versterkt door wateronttrekking door de wortels.

Tabel 3: Morfologische kenmerken van de buitendijkse gebieden.

Vegetatie type	horizont	dikte/ diepte (cm)	kleur	vocht-toestand	rijping	bewor-teling	org. stof
ongekol. slik	C ₁	0-15	olijfzwart	zeer nat	zeer onrijp	geen	zeer weinig
	C ₂	15-120	zwart	nat	weinig rijp	geen	matig
pioniers	AC	0-20	bruinzwart	vochtig	matig rijp	veel	matig
	C ₁	20-120	zwart	zeer vocht.	onrijp	geen	veel
ruige pioniers	AC	0-15	bruinzwart	vochtig	matig rijp	veel	matig
	C ₁	15-30	olijfzwart	vochtig	weinig rijp	weinig	weinig
	C ₂	30-120	zwart	zeer vocht.	onrijp	geen	weinig
ruigte	AC	0-20	bruinzwart	vochtig	matig rijp	veel	matig
	C ₁	20-40	olijfzwart	vochtig	weinig rijp	weinig	weinig
	C ₂	40-120	zwart	zeer vocht.	onrijp	geen	veel
riet	A	0-40	bruinzwart	vochtig	matig rijp	matig	zeer veel
	C ₁	40-60	zwart	zeer vocht.	weinig rijp	geen	veel
	C ₂	60-120	zwart	zeer vocht.	niet rijp	geen	veel
houtige vegetatie	A	0-40	bruinzwart	matig vocht.	rijp	veel	veel
	C ₁	40-60	olijfzwart	vochtig	matig rijp	weinig	matig/veel
	C ₂	60-120	zwart	zeer vocht.	weinig rijp	geen	matig/veel

De dikte van de geoxideerde tophorizont neemt dan ook toe naarmate de successiereeks verder evolueert. De wateronttrekking leidt tot een betere structuur-vorming van de bodem wat zich uit in een betere rijping. Tevens zal tijdens het rijpingsproces de bodem geleidelijk aan water verliezen wat tot uiting komt in het minder vochtig worden van deze bodemhorizont. De

vegetatie blijkt dus een zeer belangrijke rol te spelen in de ontwikkeling van de buitendijkse bodems.

De diepere horizonten vertonen donkere reductiekleuren, een lagere rijpingsgraad, een hoger vochtgehalte en weinig of geen wortels. De hoeveelheid organisch materiaal neemt, met uitzondering van de riet- en houtige vegetatie, toe met de diepte. Het hogere gehalte aan organisch materiaal in de diepte bevestigt de stelling dat er vroeger een ander vegetatietype met een hogere organische stofproductie aanwezig is geweest dat door verstoring verdwenen is. Het relatief hoge gehalte aan organisch materiaal tot op grote diepte in het bodemprofiel voor zowel de verstoorde als niet verstoorde bodems kan verklaard worden door volgende hypothese.

Wegens het continu afzetten van vers bodemmateriaal, wordt de bovenste horizont geleidelijk aan bedolven. Bovendien komt het grondwater eveneens geleidelijk hoger door het steeds stijgende Scheldepeil in de loop der jaren. Het gevolg is dat de onderste zone van de meest gerijpte horizont onder grondwaterniveau komt te staan. De meestal nog niet voldoende gerijpte bodem verliest snel zijn structuur en het vochtgehalte van de bodem stijgt. Door zuurstofgebrek wordt de afbraak van organisch materiaal sterk vertraagd, de zwartgroene reductiekleuren verschijnen weer en wortels sterven af. Deze hypothese biedt een verklaring voor de vastgestelde bodemopbouw onder de verschillende vegetatietypes.

Deze hypothese stelt dat de bodemontwikkeling in de buitendijkse gebieden grotendeels bepaald wordt door de aanwezige vegetatie. Hier kan tegen opgeworpen worden dat niet zozeer de vegetatie maar wel de overstromingsdynamiek de voornaamste factor is bij bodemvorming. Tijdens het veldwerk werd echter meermaals vastgesteld dat bij proefvlakken gelegen op dezelfde hoogte en met een verschillend vegetatietype de gereduceerde zone veel oppervlakkiger voorkwam naarmate het vegetatietype vroeger in de successiereeks staat.

3.2.2.2. Fysische en chemisch eigenschappen

Tabel 4: Fysische en chemische eigenschappen in functie van het vegetatietype.

	ongekol. slik	pioniers	ruige pioniers	ruigte	riet	houtige vegetatie	brakwater -vegetatie
toplaag zand (%)	48	32	26	19	6	14	21
leem (%)	38	44	48	52	55	68	54
klei (%)	14	24	26	29	39	18	25
bulkdens. (g/cm ³)	0.78	0.85	0.78	0.81	0.63	0.59	0.75
poriëvol. (%)	66	65	68	68	68	76	69
C (%)	3.3	5.3	5.5	3.9	6.6	7.1	5.2
pH	7.4	7.2	7.3	7.2	7.1	7.2	7.3
CaCO ₃ (%)	10.2	7.0	7.5	5.8	6.7	6.2	9.4
Ec (mS/cm)	45	31	26	22	34	24	180
diepte zand (%)	51	26	23	26	18	15	26
leem (%)	31	45	61	55	54	58	53
klei (%)	18	29	16	19	28	21	21
bulkdens. (g/cm ³)	0.82	0.82	0.95	0.95	0.71	0.67	1.10
poriëvol. (%)	68	69	64	68	72	72	57
C (%)	3.6	4.7	5.1	3.9	5.5	6.0	4.7

Textuur

De hogere zandfractie in de eerste 4 vegetatietypes is voornamelijk te wijten aan de aanwezigheid van de storende zandlagen. De graduele afname in de toplaag is het gevolg van het dieper liggen van de zandlagen. De relatief hoge zandfractie in de brakwaterschorren is

zowel het gevolg van verstoring als van de aanwezigheid van natuurlijke zandlagen. Opvallend is de zeer lage waarde in de toplaag voor riet.

Het kleigehalte blijkt negatief gecorreleerd met de zandfractie terwijl de leemfractie minder beïnvloed wordt door verstoring. De rietvegetaties worden gekenmerkt door een zeer hoog kleigehalte in de toplaag. Verhoogde sedimentatie van de lichte kleipartikels als gevolg van de sterk gereduceerde stroomsnelheid in de dense rietvegetatie kan hiervoor een verklaring zijn. Dit effect speelt mogelijk minder sterk onder de vaak vrij kruidenarme houtige vegetaties waardoor daar de iets zwaardere leemfractie wordt afgezet. Deze uitspraken kunnen niet geverifieerd worden op basis van de textuurfractieverdeling van de andere vegetatietypes omdat de factor verstoring daar te groot is. De uit te voeren metingen sedimentatiemetingen op de kaolinitveldjes door de biologen dienen hierover uitsluitsel te geven.

Gezien het feit dat verstoring tot op grote diepte kan voorkomen en bovendien in de diepte vaak vermenging optreedt met een natuurlijk zandsubstraat, is het maken van uitspraken over mogelijke oorzaken van de textuurverdeling in de diepere lagen moeilijk. Het beperken van de gegevensset tot de niet verstoorte proefvlakken is voor de meeste vegetatietypes niet mogelijk wegens het te kleine aantal observaties.

Bulkdensiteit en poriënvolume

Opvallend is de lage bulkdensiteit in de toplaag van de twee minst verstoorte vegetatietypes, nl. rietvegetatie en houtige vegetatie. Dit kan ten dele verklaard worden door de geringere zandfractie. Het poriënvolume varieert rond de 68 % wat duidt op het zeer jonge karakter van deze bodems. Het zeer hoog poriënvolume (76 %) onder houtige vegetatie lijkt contradictorisch omdat deze bodems beter gerijpt zijn en bijgevolg een lager poriënvolume zou moeten hebben. De iets hogere organische stoffractie en de hogere leemfractie kunnen echter leiden tot een zeer goede bodemstructuur wat een verklaring kan bieden voor het hoge poriënvolume.

De diepere lagen vertonen een iets hogere bulkdensiteit terwijl het poriënvolume vergelijkbaar is. De afwijkende waarden voor de brakwaterschorvegetatie zijn te wijten aan het voorkomen van natuurlijke zandlagen in een aantal van deze proefvlakken.

Totale koolstofgehalte

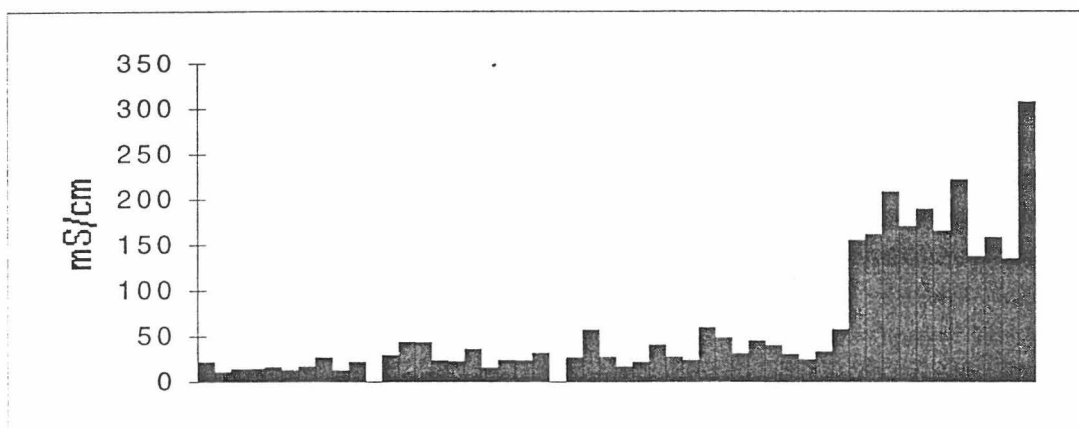
Opvallend is het hoge koolstofgehalte in deze bodems. Met name de houtige vegetatie en de rietvegetatie hebben een hoog koolstofgehalte te wijten aan een hoge organische stofproductie en tevens een lage zandfractie. Met uitzondering van de ongekoloniseerde slikvegetatie neemt het koolstofgehalte lichtjes af in de diepte als gevolg van afbraakprocessen. Het omgekeerde patroon in dit vegetatietype is te wijten aan verstoring. Zowel de afwezigheid van plantengroei als de sterk uitgesproken oppervlakkige zandlagen bieden een verklaring voor het duidelijk lagere koolstofgehalte. Desondanks bevatten deze bodems nog 3.3 % organische stof in de toplaag wat er op wijst dat de aanvoer van organische stof in het sediment vrij aanzienlijk is.

pH en CaCO_3 -gehalte

De pH-waarde van de toplaag varieert zeer weinig en bedraagt ongeveer 7.2. De pH-waarden variëren in functie van het CaCO_3 -gehalte. De iets hogere waarde voor de ongekoloniseerde slikvegetatie is waarschijnlijk te wijten aan het gebruik van kalkrijk zand bij aanleg van de dijken. De aanwezigheid van kalkrijke natuurlijke zandlagen onder de brakwatervegetaties verklaren het eveneens hoge CaCO_3 -gehalte in deze bodems. De waarden voor de andere vegetatietypes liggen lager maar zijn desondanks toch zeer hoog.

Ec

De zeer hoge waarde voor de brakwatervegetaties is uiteraard het gevolg van de aanwezigheid van zouter water in dat deel van het Schelde-estuarium. Figuur 1 toont zeer duidelijk het verloop van de Ec-waarden tussen Gent en de Belgisch-Nederlandse grens. De plotse toename in de Ec-waarden valt samen met het begin van de brakwaterzone. De hoge Ec-waarde voor de ongekoloniseerde vegetatie is te wijten aan het hoge CaCO_3 -gehalte.



Figuur 1: Ec-waarden tussen Gent en de Belgisch-Nederlandse grens.

Ksat

De waarden van de verzadigde hydraulische conductiviteit werden niet weergegeven volgens vegetatietype omdat de variatie op deze waarden, te wijten aan het voorkomen van wortels of resten organisch materiaal in een aantal stalen, interpretatie van de resultaten sterk bemoeilijkt. Op basis van de ongestoorde ringmonsters kon afgeleid worden dat de verzadigde hydraulische conductiviteit zich rond de 10 cm/dag situeert. Het uitvoeren van infiltratiemetingen gedurende het tweede onderzoeksjaar zal toelaten deze waarden beter te bepalen.

3.2.3. Factoranalyse

Naast de algemene karakterisatie van de buitendijkse bodems diende bepaald te worden welke bodemparameters relevant waren voor de vegetatieontwikkeling. De hoge mate van verstoring en de sterke correlatie van een heel aantal bodemparameters met de allochtone zandfractie bemoeilijkt de selectie van relevante parameters.

Rekening houdend met dit feit werd een factoranalyse uitgevoerd om toch een selectie te kunnen maken. De factoranalyse bevestigde de sterke invloed van de storende zandlagen (zie bijlage). De figuur toont drie duidelijk onderscheiden groepen. De eerste factor maakt het onderscheid tussen de verstoorde en de niet verstoorde bodems op basis van voornamelijk de textuurfracties. Links staan de verstoorde bodems die gekenmerkt worden door een hoog zandgehalte en een laag leem- en koolstofgehalte. Rechts staan de niet verstoorde bodems die gescheiden worden op basis van de tweede factor bestaande uit een aantal fysische en chemische parameters. Het onderscheid tussen beide groepen wordt vooral gemaakt op basis van de Ec-waarde. Bovenaan staan de brakwatervegetaties en onderaan de zoetwatervegetaties bestaande uit voornamelijk rietvegetaties en houtige vegetaties.

3.2.4. Conclusie

In tegenstelling tot wat bij aanvang van het onderzoek gedacht werd, speelt de factor menselijke beïnvloeding een veel grotere rol op het voorkomen van de vegetatietypes dan verwacht. Het gegeven op zich is uiteraard zeer interessant en verklaard reeds een groot deel van de vastgestelde variatie in het voorkomen van de vegetatietypes. Bovendien leent deze vaststelling zich tot het onderzoeken van de wijze waarop vegetaties in het schorrenmilieu zich herstellen na verstoring. Een gegeven dat zeer relevant kan zijn met het oog op nog uit te voeren dijkwerken. Anderzijds werd het interpreteren van de bodemvormende processen en het bepalen van de relevante bodemparameters bemoeilijkt door het geringer aantal natuurlijke bodems. Een euvel waaraan echter wel tegemoet gekomen zal worden (zie 3.4.).

De voorlopige conclusie voor de buitendijkse bodems is dan ook dat 1) menselijke ingrepen een grote invloed hebben op het vegetatiepatroon en 2) bodemvorming in sterke mate bepaald wordt door de aanwezige vegetatie en niet alleen een gevolg is van de overstromingsdynamiek. Het belang van de overstromingsdynamiek op de bodemontwikkeling ligt vooral in de wijze waarop kolonisatie en ontwikkeling van planten hierdoor beïnvloed wordt.

3.3. Bodems van de binnendijkse gebieden

3.3.1. Bodemeigenschappen

3.3.1.1 Morfologie

Tijdens het veldwerk werd vastgesteld dat de morfologie van de binnendijkse bodems voornamelijk wordt gekarakteriseerd door:

- textuur
- veenlagen
- oxidoreductieverschijnselen

De meeste polderbodems worden gekenmerkt door het voorkomen van een kleilaag gelegen op een zandsubstraat. Op de iets hoger gelegen plaatsen in het landschap is zij vaak afwezig of veel minder uitgesproken. Deze hoger gelegen delen worden vaak gekenmerkt door het voorkomen van een zandige textuur. De overgang tussen alluviale klei en zandsubstraat is meestal vrij abrupt.

In de uitgestrekte komgronden komt onder de kleilaag vaak een goed ontwikkeld veensubstraat voor. Ook hier is de overgang abrupt wat duidt op een plotse overspoeling van de oude uitgestrekte veengebieden met vers sediment. Het geleidelijk aan dunner worden en verdwijnen van zowel de klei- als de veenlagen naarmate van het centrum van de komgrond naar de hoger gelegen rivierterrassen wordt gegaan, duidt op het sterke verband tussen overstromingsdynamiek en topografie.

De gebieden met veenlagen in de ondergrond zijn meestal het laagst gelegen en worden ook nu vaak gekenmerkt door een oppervlakkige vervening door slechte afbraak van organisch materiaal. De polder van Kruibeke-Bazel Rupelmonde, gekenmerkt door de aanwezigheid van veenlagen op geringe diepte, is hier een duidelijk voorbeeld van.

De oxidoreductieverschijnselen die worden waargenomen zijn meestal sterk gerelateerd met de aard van de verschillende substraten. De veengebieden worden gekenmerkt door zeer hoge grondwaterstanden terwijl in zandbodems het grondwater vaak buiten boorbereik voorkomt. Vermits het voorkomen van de verschillende substraten bepaald is door de vroegere overstromingsdynamiek van de Schelde en bijgevolg door de hoogteligging, is grondwaterstand een gevolg van beide factoren. Hierbij dient opgemerkt te worden dat kunstmatige regeling van de grondwaterstand in een aantal gevallen allicht een gotere invloed zal hebben op de grondwaterstand dan de lokale topografie of de interne drainage van het profiel te wijten aan de textuurverdeling.

Dat de waterhuishouding en het moedermateriaal een zeer voorname invloed hebben op het voorkomen van de verschillende vegetatietypes mag blijken uit Tabel 5. De nattere bostypes zijn gelegen op kleiige bodems die vaak gekenmerkt worden door de aanwezigheid van een veensubstraat in de ondergrond. Vooral onder elzenbossen wordt een veensubstraat aangetroffen. De droge eikenbossen zijn gelegen op zandige bodems zonder veensubstraat.

Tabel 5: Het voorkomen van de voornaamste morfologische eigenschappen in functie van het vegetatietype.

Vegetatietype	zandige toplaag (aantal)	kleiige toplaag (aantal)	veensubstraat (aantal)	reductie (cm)
weiland	2	11	3	77
Calthion	2	3	0	66
Elzenbos	1	6	5	52
Wilg	0	3	0	62
Populier (brandnetelruigte)	0	6	3	65
Es/Iep	0	3	1	68
Eik	3	0	0	113

De overige bostypes nemen een eerder intermediaire positie in. De relatie met de diepte waarop de reductiezone voorkomt is zeer uitgesproken. De diepte waarop de reductiezone voorkomt neemt gradueel toe van de natte naar de drogere bostypes. Er dient echter wel opgemerkt te worden dat de verschillen tussen de verschillende proefvlakken vrij aanzienlijk kunnen zijn. Weilanden komen net als de Calthionvegetaties voor op de eerder iets beter gedraineerde bodems. Veensubstraten komen weinig voor onder beide vegetatietypes.

3.3.1.2. Fysische en chemische eigenschappen

Textuur

Net zoals voor de buitendijkse gebieden situeren de verschillen zich voornamelijk in de zandfractie en de daarmee negatief gerelateerde kleifracctie. De leemfractie vertoont net zoals bij de buitendijkse bodems een minder duidelijke relatie met het vegetatietype. De hoge zandfractie van de moeras- en watervegetaties is te wijten aan het feit dat bij aanleg van vijvers en grachten de kleirijke toplaag is verwijderd en het zandsubstraat 'aan de oppervlakte' kwam. De eikenbossen zijn gelegen op de meest zandige gronden terwijl de ondergrond van de weilanden eveneens vrij zandig is. De elzen- en populierenbossen komen voor op weinig zandige maar leemrijke bodems. Dit komt overeen met de typische komgronden. De andere vegetatietypes nemen een intermediaire positie in. Opvallend is de sterke gelijkenis tussen de textuurverdeling voor de essen/iepenbossen en de Filipendulion en G. maxima vegetaties. De tabel toont duidelijk dat de textuur zandiger wordt in de diepte wat te wijten is aan de nabijheid van het zandsubstraat.

Tabel 6: Fysische en chemische eigenschappen in functie van het vegetatietype.

	wei	Els	Wilg	Popul.	Es/lep	Eik	Calth.	Filip/ G.max.	moeras	water- veg.
toplaag zand (%)	53	25	45	21	35	76	34	35	54	60
leem (%)	24	43	30	45	30	15	39	32	21	21
klei (%)	23	32	25	34	35	9	27	33	25	19
bulkdens. (g/cm ³)	1.24	0.81	1.02	0.96	1.12	1.37	0.80	0.54	0.84	-
poriënv. (%)	50	65	59	63	56	44	67	58	36	-
C (%)	5.1	9.3	5.4	7.9	3.9	1.6	8.9	7.7	6.7	7
pH	5.9	5.8	6.3	6.2	3.7	3.7	6.6	6.2	6.4	6.8
CaCO ₃ (%)	0.6	0.3	1.5	1.6	0.3	0.1	2.3	1.7	3	3.7
Ec (mS/cm)	9	10	11	13	4	4	10	18	19	20
Ksat (cm/u)	9.7	15.4	32.8	19.7	13.0	14.3	1.0	23.4	8.6	-
diepte zand (%)	60	30	66	35	32	87	34	-	-	-
leem (%)	22	43	18	44	36	7	38	-	-	-
klei (%)	18	27	16	21	32	6	28	-	-	-
bulkdens. (g/cm ³)	1.47	0.95	1.43	0.97	1.37	1.11	0.96	-	-	-
poriënv. (%)	43	54	44	41	48	48	64	-	-	-
C (%)	0.8	3.3	0.8	2.0	1.27	0.4	2.1	-	-	-
Ksat (cm/u)	3.8	9.8	14.6	1.7	4.2	8.1	1.37			

- : Geen gegevens wegens praktische problemen bij staalname.

Bulkdensiteit en poriënvolume

De hoge bulkdensiteit en het lage poriënvolume onder eik en weiland zijn voornamelijk het gevolg van het hoge zandgehalte. De lage bulkdensiteit voor de andere vegetatietypes, met als uitschieter de Calthionvegetatie, zijn vaak te wijten aan het hoge koolstofgehalte. De hoge bulkdensiteit bij de essen/iepenbossen is het gevolg van de mechanische actie van de bomen bij wind. Meestal neemt de bulkdensiteit toe met de diepte terwijl het poriënvolume afneemt. Dit is naast de druk uitgeoefend door de bovenliggende lagen te wijten aan het lagere organische stofgehalte en de hogere zandfractie van de diepere bodemlagen.

Totale koolstofgehalte

De koolstofgehaltes zijn over het algemeen vrij hoog wat een gevolg is van de vaak zeer sterke wortelgroei in de toplaag. Dit is het geval voor de weilanden en de Calthion- en

Filipendulion/G. maxima vegetaties. De hoge waarden onder de elzen- en de populierenbossen (brandnetelruigte) zijn naast de hoge organische stofproductie waarschijnlijk te wijten aan de trage afbraak van organisch materiaal o.w.v. de vrij natte omstandigheden. Het hoge koolstofgehalte in de diepte onder beide types is te wijten aan het voorkomen van venige lagen (de staalname is echter nooit in een zuivere veenlaag gebeurd). De eikenbossen zijn zeer arm aan organische stof.

pH en CaCO_3 -gehalte

De zeer lage pH-waarden onder essen/iepen- en eikenbos zijn te wijten aan het zeer lage CaCO_3 -gehalte. Het lage CaCO_3 -gehalte kan niet alleen het gevolg zijn van het hoge zandgehalte (zie ook weiland) vermits essen/iepenbossen voorkomen op vrij leem en kleirijke bodems. Immobilisatie van CaCO_3 in organisch materiaal zou hieraan ten basis kunnen liggen. Dit zou ook het zeer lage gehalte in de venige elzenbossen kunnen verklaren. De hoge waarden onder Calthion zijn te verklaren door de aanwezigheid van grote hoeveelheden schelpen in de kleilaag. Dit verschijnsel werd in bijna alle Calthionvegetaties en bij een aantal Filipendulion/G. maxima, moeras- en watervegetaties vastgesteld. Bij deze twee laatste vegetatietypes speelt tevens het effect van de sterk reducerende omstandigheden waardoor de pH iets hogere waarden bereikt. Er dient opgemerkt te worden dat de hoge waarde voor de watervegetaties ook te wijten is aan het toevoegen van kalk in viswaters.

Ec

De lage Ec-waarden voor de essen/iepen- en eikenbossen zijn het gevolg van het lage CaCO_3 - en koolstofgehalte. De hoogste waarden worden aangetroffen onder de moeras- en watervegetaties gekenmerkt door hoge koolstof- en CaCO_3 -gehaltes.

Ksat

De waarden voor de toplaag liggen beduidend hoger dan voor de diepere lagen als gevolg van de vaak vrij intense beworteling, de betere bodemstructuur en het hoger organische stofgehalte. De hoge waarden voor de wilgenbossen en de Filipendulion/ G.maxima vegetaties zijn niet dadelijk te verklaren. De zeer lage waarde onder Calthion is te verklaren door de zeer compacte kleilaag die vaak werd waargenomen onder dit vegetatietype.

3.3.2. Factoranalyse

Net zoals voor de binnendijkse bodems werd gebruik gemaakt van factoranalyse om de relevante bodemparameters te selecteren. In tegenstelling tot de factoranalyse van de buitendijkse gebieden blijkt dat naast de textuur en de daarmee samenhangende fysische bodemeigenschappen, de waterhuishouding een zeer voornamelijk rol speelt (zie bijlage). Beide factoren verklaren samen meer dan 54 % van de variatie. Links in de figuur staan de eerder zandige bodems arm aan klei en organische stof gekenmerkt door een hoge bulkdensiteit en een laag poriënvolume. Voornamelijk weilandvegetaties en eikenbossen komen voor op deze gronden. Rechts staan de leem- en kleirijke, poreuse bodems met een lage bulkdensiteit die rijk zijn aan organische stof. Hier treffen we de nattere bostypes, de Calthionvegetaties en een aantal weilanden aan. De essen-/iepen-bossen nemen een intermediaire positie in. De horizontale as maakt het onderscheid tussen de natte en de droge vegetatietypes. Een duidelijk onderscheid tussen de vegetatietypes kan echter niet steeds gemaakt worden.

3.3.3. Conclusie

De differentiatie in bodemeigenschappen in de binnendijkse gebieden is voornamelijk te wijten aan de aard van het moedermateriaal en de waterhuishouding. Beide eigenschappen zijn het gevolg van de overstromingsdynamiek in het verleden en de lokale topografie. Bijgevolg is de bodemopbouw binnen een bepaald gebied vaak sterk gelijkaardig.

Alhoewel er sterke aanwijzingen zijn dat het voorkomen van de vegetatietypes vooral gerelateerd is aan de aard van het moedermateriaal en de waterhuishouding, bestaan er sterke verschillen wat betreft bodemopbouw binnen eenzelfde vegetatietype. De oorzaak is waarschijnlijk gelegen aan de sterke menselijke invloed in het polderlandschap door de eeuwen heen.

4. Onderzoeksactiviteiten 2^e jaar

Veldproeven

De waterhuishouding van een aantal proefvlakken (zie bijlage) zal in detail onderzocht worden. Volgende metingen zullen uitgevoerd worden:

- bepaling van de infiltratiecapaciteit door ringinfiltrometrie
- bepaling van het vochtprofiel m.b.v. een neutronensonde

De infiltratiecapaciteit zal éénmalig in de tijd in een aantal herhalingen per proefvlak bepaald worden. Voor de buitendijkse proefvlakken zal het vochtprofiel verscheidene keren in de loop van het jaar bepaald worden gedurende een volledige tijcyclus. Op die manier kan samen met de gegevens afkomstig van de peilbuismetingen een duidelijk beeld verkregen worden van het vochtgehalte in functie van zowel de dagelijkse als maandelijkse tijcyclus in de loop van het jaar. Voor de binnendijkse proefvlakken zal het vochtgehalte om de twee weken bepaald worden.

Wegens het grote aantal verstoorde bodems in de buitendijkse gebieden, werden een aantal (16) bijkomende proefvlakken geselecteerd voor het opvolgen van de vochtdynamiek. Deze bijkomende proefvlakken zullen bodemkundig gekarakteriseerd worden waarbij dezelfde werkwijze zal gevolgd worden als voor de reeds onderzochte proefvlakken.

Gegevensverwerking

Bij de verdere verwerking van zowel de reeds bestaande als de bijkomende gegevens zal bijzondere aandacht uitgaan naar het beter karakteriseren van de rijpingsgraad van de bodem.

Initial Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
BULKDENS	1.00000	*	1	3.99733	30.7	30.7
C	1.00000	*	2	2.61475	20.1	50.9
CACO3	1.00000	*	3	1.48532	11.4	62.3
EC	1.00000	*	4	1.22467	9.4	71.7
GW	1.00000	*	5	1.08620	8.4	80.1
KLEI	1.00000	*	6	.79555	6.1	86.2
KSAT	1.00000	*	7	.58362	4.5	90.7
LEEM	1.00000	*	8	.46451	3.6	94.2
PH	1.00000	*	9	.37733	2.9	97.1
PORI_N	1.00000	*	10	.20691	1.6	98.7
REDUCTIE	1.00000	*	11	.14945	1.1	99.9
VERSTORI	1.00000	*	12	.01434	.1	100.0
ZAND	1.00000	*	13	.00000	.0	100.0

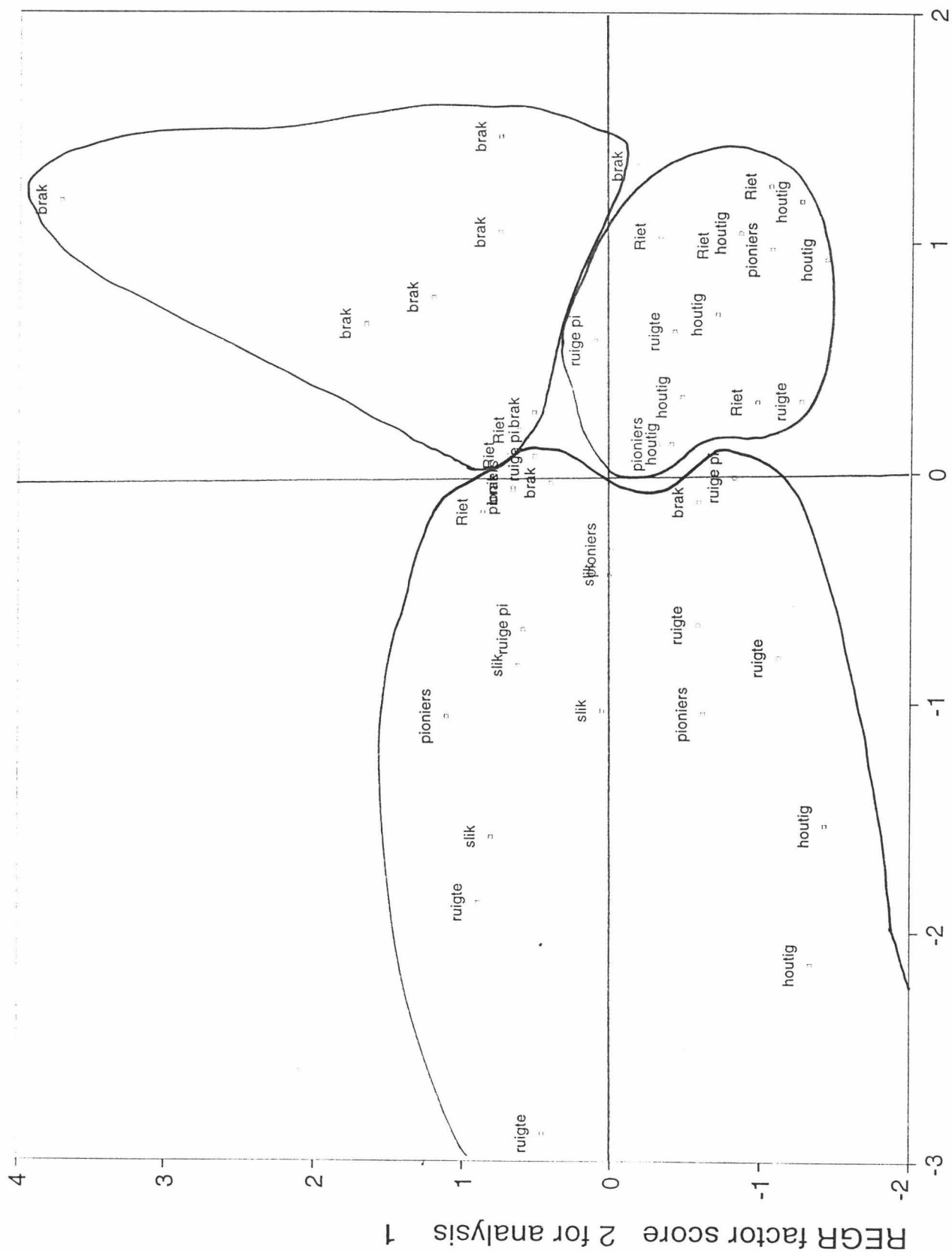
PC extracted 4 factors.

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 9 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
ZAND	-.89865			
VERSTORI	-.82132			
LEEM	.76529			
PORI_N		-.84013		
BULKDENS		.81278		
CACO3		.63427		
EC		.59701		
C	.53289	-.58629		
KLEI			-.90727	
PH			.55694	
KSAT				
REDUCTIE				.80014
GW				.72960



REGR factor score 1 for analysis 1

Initial Statistics:

Variable	Communality	* *	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
BULKDENS	1.00000	*	1	5.20375	40.0	40.0
C	1.00000	*	2	1.87589	14.4	54.5
CACO3	1.00000	*	3	1.22680	9.4	63.9
EC	1.00000	*	4	1.07681	8.3	72.2
GW	1.00000	*	5	.86758	6.7	78.9
KLEI	1.00000	*	6	.72480	5.6	84.4
KSAT	1.00000	*	7	.57658	4.4	88.9
LEEM	1.00000	*	8	.50302	3.9	92.7
PH	1.00000	*	9	.39141	3.0	95.7
PORI_N	1.00000	*	10	.32633	2.5	98.3
REDUCTIE	1.00000	*	11	.12726	1.0	99.2
VEEN	1.00000	*	12	.09978	.8	100.0
ZAND	1.00000	*	13	.00000	.0	100.0

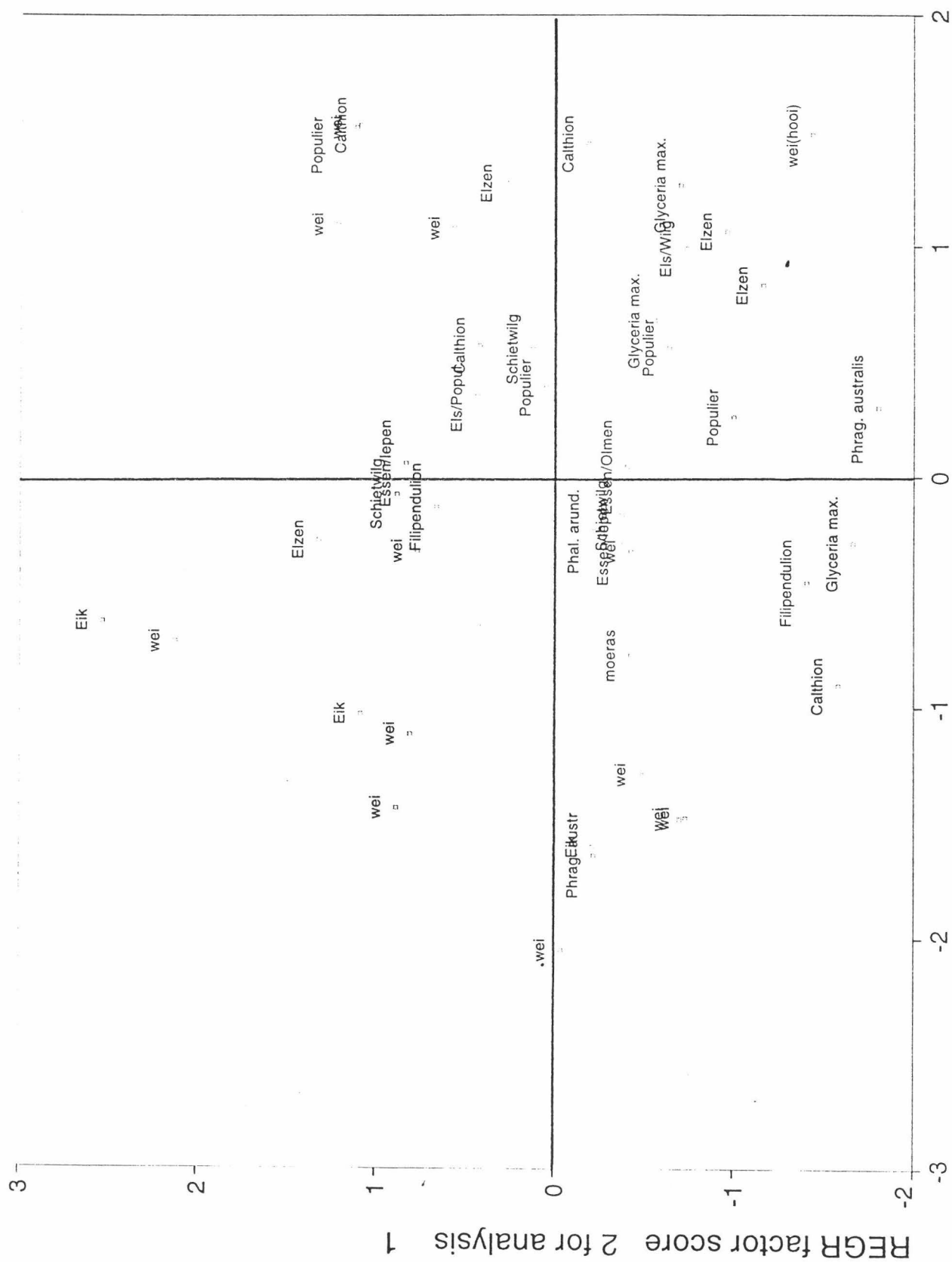
PC extracted 4 factors.

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 6 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
ZAND	-.93857			
LEEM	.83092			
C	.80761			
BULKDENS	-.77198			
PORI_N	.70063			
KLEI	.69198			
EC	.52018			
REDUCTIE		.89443		
GW		.81425		
VEEN		-.66181		
CACO3			.80420	
PH			.64147	
KSAT				.92667



REGR factor score 1 for analysis 1